

Publication number: JP2000312497

Publication date: 2000-11-07

Inventor: SAKAI KEIJIRO; ONDA KENICHI; TOMITA HIROYUKI

Applicant: HITACHI LTD

Classification:

- international: **G01R31/34; H02P3/24; H02P21/00; H02P27/04;
G01R31/34; H02P3/18; H02P21/00; H02P27/04; (IPC1-
7): H02P21/00; G01R31/34; H02P3/24**

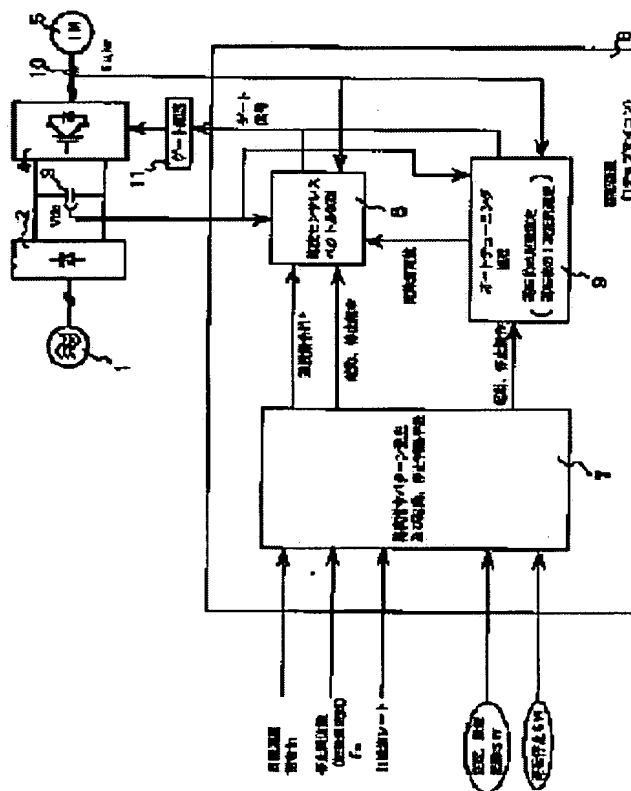
- european:

Application number: JP19990115943 19990423

Priority number(s): JP19990115943 19990423

Report a data error here

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to measure primary resistance with accuracy and exercise accurate vector control by performing direct current excitation from the vicinity of a stopping frequency for a time with the inertial moment of a load and the secondary time constant of a motor taken into account each time the motor is decelerated or stopped. **SOLUTION:** When an alternating current induction motor 5 is decelerated or stopped, voltage is applied by means of an inverter 4 from a point of time at which a speed command or inverter frequency reaches the vicinity of a stopping frequency so that a constant direct current is passed through the motor winding for a desired time. By this direct current process, breaking torque is produced in the alternating current induction motor 5. Further, based on the ratio of the voltage applied to the alternating current induction motor 5 to the current passed, the primary resistance of the alternating current induction motor 5 is measured and vector control is exercised based on motor constants including the measured primary resistance. Since as the result of this, the most suitable time can be measured according to applications involving a wide variety of loads, versatility is attained and further accurate vector control is accomplished even if motor temperature varies.



<http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=JP2000312497&F=0>

8/16/2006

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-312497

(P2000-312497A)

(43)公開日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(51) Int.Cl.?

識別記号

FI

テーマコート（参考）

H O 2 P 21/00

H02P 5/408

Z 2G016

G O I R 31/34

G O I R 31/34

A 5H530

H02P 3/24

H0 2 P 3/24

D 5H576

審査請求 未請求 請求項の数 3 O.L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-115943

(22)出願日 平成11年4月23日(1999.4.23)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)發明者 酒井 慶次郎

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 恩田 謙一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

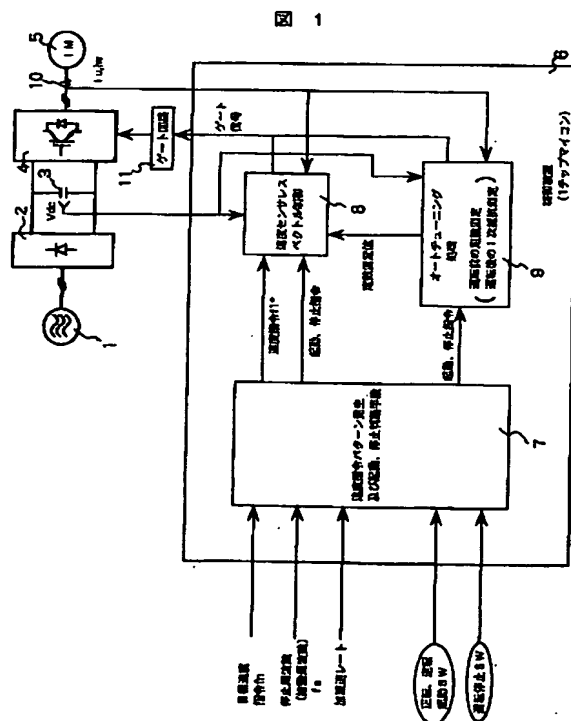
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流電動機の制御方法

(57) 【要約】

【課題】交流電動機の速度センサレスベクトル制御において、1次抵抗 r_1 は電動機温度により変化するため運転時に近い電動機定数を減速停止する毎、測定して制御定数とする。この場合、従来は電動機が完全に停止してから直流励磁運転を行っており、停止するまでの時間が長くなる。又停止したかどうかの判断が困難である。

【解決手段】運転前に電動機の２次時定数と慣性モーメントを測定しておき、これを基に直流励磁時間 T_{set} を計算する。次に、交流電動機を減速停止する際、速度指令が停止周波数付近に到達した時点から、インバータにより電動機に一定の直流電流を T_{set} 時間流し電動機を短時間で停止させる。又、電動機に加える電圧と電動機電流の比から電動機の１次抵抗を測定する。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】電圧形インバータにより直流電圧を交流又は直流に変換して交流電動機へ供給し、電動機電流検出値等から前記交流電動機定数を測定するオートチューニング運転手段と、この測定値を基に前記電圧形インバータを制御して、交流電動機をベクトル制御するベクトル制御運転手段から成る交流電動機の制御装置において、交流電動機を減速停止する際、速度指令又はインバータ出力周波数が停止周波数付近に到達した時点から前記インバータにより電動機に一定の直流電流が所望の時間流れるように電圧を加え、前記電動機に加える電圧と前記電動機に流れる電流の比から電動機の1次抵抗を測定することを特徴とした交流電動機の制御方法。

【請求項2】請求項第1項記載の電動機に一定の直流電流を流す直流励磁時間を負荷の慣性モーメントや電動機の2次時定数により可変することを特徴とした交流電動機の制御方法。

【請求項3】請求項第1項記載の電動機に一定の直流電流を流して、電動機定数を測定中、ベクトル制御起動指令（正転又は逆転のスイッチオン操作）が入力された場合、電動機定数測定動作を中止し、ベクトル制御運転に切り替え加速することを特徴とした交流電動機の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は交流電動機を可変速制御するインバータ装置を用いて電動機定数を自動測定するオートチューニング機能を含んだ交流電動機の制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】誘導電動機を可変速制御する汎用インバータ等では、低速時の高始動トルクや速度変動率低減が要求されている。この要求に対応するため誘導電動機の励磁分電流を一定に制御し、トルク電流に比例した滑り周波数を与えて速度制御する速度センサを用いない速度センサレスベクトル制御や速度センサを用いたベクトル制御が普及している。このような制御において、電動機定数のインピーダンス電圧降下を補償する必要がある。そこで、インバータを用いて実際の1次抵抗や2次抵抗等電動機定数を測定するオートチューニング処理を行い、測定した値を基にベクトル制御を行っている。又、電動機定数のうち、1次抵抗と2次抵抗は電動機の温度により数十%は変化する。このため運転中常時、測定するのが望ましい。しかし、測定時間がかかることから従来は、例えば特開平5-297079号記載のように起動前やモータ停止後測定している。又、1次抵抗と2次抵抗の測定方法として例えば特開平6-59000号と特開平6-98595号に記載されている。一般的にはインバータから直流電圧を与えてモータ捲き線に直流電流を流し、直流電圧と直流電流の比から1次抵抗 r_1 を測定している（直流

2

励磁による測定）。又、2次抵抗 r_2 はインバータから単相交流電圧を与えてモータ捲き線に交流電流を流し、有効パワーと交流電流の値から1次+2次の合成抵抗 $(r_1 + r_2)$ を測定する（単相交流励磁による測定）。次に、この値 $(r_1 + r_2)$ から直流励磁により測定した r_1 を減じて r_2 を求める。なお、これらの測定時間は数秒位かかるのが一般的である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】速度センサレスや速度センサ付きのベクトル制御運転時において、起動時毎測定する場合、起動直前のモータ温度で測定するので正確なモータ定数を測定できる。このため負荷に対する速度変動が小さい等速度制御特性が良くなるというメリットがある。しかし、起動指令後短時間で測定しないと加速が遅れるため問題となり用途が限定されると考えられる。一方、速度センサレスベクトル制御運転後オートチューニング処理を行う場合は、次に起動するまである程度時間的に余裕があるので色々な用途に適用できる。しかし、従来例はモータが停止後インバータ電圧を加えて電動機定数測定動作を開始している。汎用インバータの場合、一般的に速度指令が停止周波数に到達したらインバータのゲート電圧を遮断する。しかし負荷の慣性のため電動機はしばらく回転する。慣性モーメントが大きい場合は特に停止するまでに時間がかかる。また、速度センサが付いていない汎用インバータの場合、電動機が停止したかどうかの判断が非常に難しいという問題がある。

【0004】そこで、本発明の目的はベクトル制御に大きく影響する電動機の1次抵抗を汎用的に精度良く測定し、電動機温度が変化した場合でも精度良いベクトル制御特性が得られる交流電動機の制御方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための第1の手段として、交流電動機を減速停止する際、速度指令又はインバータ周波数が停止周波数付近に到達した時点から、インバータにより電動機捲き線に一定の直流電流が所望の時間流れるように電圧を加え、この直流励磁処理を行うことで電動機にブレーキトルクを発生させると共に、電動機に加える電圧と電動機に流れる電流の比から電動機の1次抵抗を測定するようにした。又、測定した電動機定数を基にベクトル制御を行うようにした。

【0006】第2の手段として電動機捲き線に一定の直流電流を流す直流励磁時間を、ベクトル制御運転前の電動機定数測定により、負荷の慣性モーメント J や電動機の2次時定数 T_2 を測定しておき、これらの値を基に直流励磁の時間を計算し、 J や T_2 に応じて直流励磁の時間を可変するようにした。

【0007】第3の手段として電動機捲き線に一定の直

(3)

3

流電流を流して、電動機定数を測定中にベクトル制御起動指令（正転又は逆転のスイッチオン操作）が入力された場合、電動機定数測定動作を中止し、ベクトル制御運転に切り替え加速することにした。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図1において、交流電源1は整流回路2と平滑コンデンサ3を介して直流電源に変換される。また、通常のベクトル制御運転時はインバータ入力電圧 V_{dc} をインバータ4によりPWM制御することで交流電圧を作り、これにより誘導電動機5は可変速制御される。また、1チップマイコンを用いた制御装置6のソフト構成として速度指令パターン発生及び起動、停止判断手段7と速度センサレスベクトル制御手段8とオートチューニング処理手段9から構成されている。速度指令パターン発生及び起、動停止判断手段7では、目標速度指令 f_n と停止周波数指令（始動周波数相当） f_s と加減速レート設定値を基に速度指令 f_1^* の加減速パターンを発生している。また、正転、逆転の起動指令や運転停止指令を基にベクトル制御やモータ定数を測定するオートチューニング運転の起動、停止指令を出力している。次に、速度センサレスベクトル制御手段8は速度指令 f_1^* に従い加減速する。この場合、1次抵抗 r_1 など各種の電動機定数と電動機電流検出器10の出力を基に速度制御を行う。また、速度センサレスベクトル制御手段8では誘導電動機5の誘起電圧が一定になるように1次側インピーダンスによる電圧降下を補償して電動機の1次電圧指令を出力する。更に、トルクに寄与する電流に比例した滑り周波数を与えて1次周波数を制御するもので1次電圧ベクトルの大きさと1次周波数指令に基づいてPWM信号（ゲート信号）を出力し、ゲート回路11を介してインバータ4を制御している。これにより、速度指令 f_1^* に実速度がほぼ追従して制御される。

【0009】次に、オートチューニング処理9では運転前に1回のみ測定する電動機定数測定処理と運転後の減速停止毎に測定する1次抵抗測定処理に分けられ、これらの処理はインバータ4を制御して誘導電動機5に直流電圧や単相交流電圧を与えて電流検出器10の出力値 i_u 、 i_w などから誘導電動機5の電機定数を求めている。

【0010】以下、本発明の主要部を図2から図5を用いて詳細に説明する。図2に運転前のオートチューニング処理のフローチャートを示す。まず、特開平6-98595号記載の単相交流励磁法により電動機の有効パワーと電動機電流の大きさから1次+2次の合成抵抗（ $r_1 + r_2$ ）を求める。次に、特許公報第2580101号記載の直流励磁法を基本として1次抵抗 r_1 を求める。そこで、

（ $r_1 + r_2$ ）測定値から r_1 測定値を減じて2次抵抗 r_2 を求める。次に、特開平6-265607号記載の方法に

4

より定常運転を行い、インバータ出力電圧と有効電流と無効電流からモータの自己インダクタンス L_2 を求める。次に、特開昭61-88780号記載の方法により加減速運転を行い、電動機+負荷の慣性モーメント J を測定する。

【0011】以上の測定動作が終了した後、直流励磁時間 T_{set} を計算する。 T_{set} は電動機2次時定数 $T_2 = L_2 / r_2$ と慣性モーメント J から決めている。図4の制御ブロック図で詳細は述べるが直流励磁の電流制御を開始してから電動機2次時定数 T_2 の約4倍位は電動機に印加する電圧が定常状態にならないため T_2 による直流励磁時間 T_{setA} を数1で近似する。

【0012】

【数1】 $T_{setA} \approx 4 \times T_2$

次に、停止周波数 f_s における速度から電動機が停止時間するまでの推定時間 T_{stop} を数2で近似する。

【0013】

【数2】

$$T_{stop} \approx J \times (2\pi \times f_s / p_t) / (T_{m0} / 2)$$

ここで、 J は慣性モーメント、 f_s は停止周波数、 p_t は電動機の極対数、 T_{m0} は電動機の定格トルクである。（ $2\pi \times f_s / p_t$ ）は直流励磁開始時点の電動機の回転角速度となる。また、 $T_{m0} / 2$ は、直流励磁開始時点のブレーキトルクを T_{m0} と考え、このブレーキトルクが速度の低下と共に減少し、電動機速度零において誘導電動機のすべり周波数が零になるのでブレーキトルクは零となる。そこで直流励磁電流をモータの定格電流相当流することで T_{m0} は、モータの定格トルク相当と考えられる。また、 T_{m0} から電動機が停止するまで、ほぼ直線的にブレーキトルクが減少すると考え、平均のブレーキトルクを $T_{m0} / 2$ とした。なお、直流励磁時のブレーキトルクは、電動機の定格すべり周波数、2次時定数 T_2 、直流励磁電流などで変わるため数2で近似している。次に、 T_{setA} と T_{stop} の大きい方を直流励磁時間 T_{set} とし、上限、下限のリミッタを介して設定している。なお、上限リミッタはインバータを構成するパワー素子の熱的な過負荷耐量から決められ下限リミッタは約1秒としている。

【0014】次に、運転後の動作フローを図3に示す。ベクトル制御運転時に停止指令が入ると、速度指令 f_1^* を徐々に下げ、停止周波数 f_s に到達するとベクトル制御を終了し直流励磁を開始する。これにより電動機にブレーキをかけると共に1次抵抗 r_1 を測定し続ける。そこで直流励磁時間が T_{set} を越えたら r_1 測定値をメモリへ記憶し r_1 測定を終了する。

【0015】次に、直流励磁制御と r_1 測定の制御ブロック図を図4に示す。U相とW相の電動機電流検出値 i_u 、 i_w を直流励磁位相指令 θ_d を基に、数3により d 、 q 変換（固定座標の電流を回転座標の電流に変換）し I_d 、 I_q を求めている。なお、直流励磁位相指令 θ_d は

(4)

5

ベクトル制御終了時点のベクトル制御における位相指令である。また、 i_u 、 i_w は直流電流となり I_d も直流電流となる。

【0016】

【数3】

$$I_d = i_u \cdot \cos \theta_d - ((i_u + 2i_w) / \sqrt{3}) \sin \theta_d$$

$$I_q = -i_u \cdot \sin \theta_d - ((i_u + 2i_w) / \sqrt{3}) \cos \theta_d$$

次に、電流制御系はd軸電流制御手段13とq軸電流制御手段14から構成し、d軸電流制御手段13では直流励磁電流指令 I_d^* に I_d 検出値が一致するように(比例+積分)補償し、d軸電圧 V_d^* を出力する。一方、q軸電流制御手段14では I_q 検出値が零になるように(比例+積分)補償し、q軸電圧 V_q^* を出力する。d/quvw変換手段15は回転座標の電圧を固定座標の電圧に変換するもので数4の演算を行い、三相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を出力し、ゲート信号発生手段16を介してゲート信号を出力している。なお、 θ_d は一定のためインバータ周波数は零となり、 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* も直流の電圧指令となる。

【0017】

$$\text{【数4】 } V_u^* = V_d^* \cdot \cos \theta_d - V_q^* \cdot \sin \theta_d$$

$$V_w^* = -V_u^* / 2 - \sqrt{3} (V_d^* \cdot \sin \theta_d + V_q^* \cdot \cos \theta_d) / 2$$

$$V_v^* = - (V_u^* + V_w^*)$$

このような構成において V_q^* は、ほぼ零となりモータに与える直流電圧は定常時においては V_d^* 相当となる。しかし、 V_d^* は指令値であり、これにはインバータを構成する正負アームのパワー素子が短絡しないように設けたデッドタイムやパワー素子のオン電圧降下による誤差電圧 ΔV_d を含むので($V_d^* - \Delta V_d$)がモータに加わる真の直流電圧となる。そこで1次抵抗演算手段17により数5の演算を行い、1次抵抗 r_1 を測定している。なお、 ΔV_d は位相指令 θ_d により多少変わるがデッドタイムやパワー素子のオン電圧降下を基に前もって設定している。

【0018】

$$\text{【数5】 } r_1 = (V_d^* - \Delta V_d) / I_d$$

次に、数5の V_d^* は直流励磁を開始した時点から電動機の2次時定数 T_2 の1次遅れで減衰し T_2 の約4倍で定常値に近づく。これは最初は($r_1 + r_2$)による電圧となり、定常状態においては r_1 のみによる電圧となる。このため図2の T_{setA} を計算し、 T_2 の約4倍以上の時間、直流励磁した後で測定する。これにより測定精度を向上させている。更に、電動機が回転している状態ではすべり周波数が生じているため V_d^* が定常状態にならない。このため r_1 の測定誤差が生じる。そこで、図2の電動機停止推定時間 T_{stop} を計算し、 T_{stop} 以上の時間直流励磁をし、ブレーキをかけると共に電動機停止後、1次抵抗を測定することで測定精度を向上さ

6

せている。

【0019】次に、本発明における制御動作のタイムチャートを図5に示す。起動スイッチオンにより速度指令 f_1^* は始動周波数 f_s から加速レートに従い目標速度 f_n まで増加し、 f_1^* に実速度が追従するように加速する。また、停止スイッチがオンすると f_1^* が減少し、停止周波数 f_s に到達したらゲート信号をオフすると共に図4に示す制御ブロックによりゲート信号を生かして直流励磁運転を行う。これによりブレーキが働き速度は低下する。なお速度が低下するレート(時間的な速度減少の割合)は慣性モーメント J により変わるが数2により停止時間 T_{stop} を推定し、直流励磁時間 T_{set} を決めている。この結果、モータが停止したと推測される T_{set} 時間後 r_1 測定値を記憶しゲート信号をオフしている。これにより、ブレーキをかけて短時間で停止させると共に電圧指令 V_d^* が一定の定常状態で測定するので r_1 を精度良く測定できる。また、直流励磁時間も短くできる。

【0020】次に直流励磁中、起動指令が入った場合のタイムチャートを図6に示す。この場合は、起動を優先させるため直流励磁運転を中止し、前に測定した r_1 測定値を基にベクトル制御を行い加速させている。

【0021】

【発明の効果】本発明によれば、減速停止する毎に、負荷の慣性モーメントと電動機の2次時定数を考慮した時間、停止周波数付近から直流励磁処理を行う。これにより電動機を早めに停止させるのと併用して、電動機に加える電圧指令と電動機電流から1次抵抗 r_1 を精度良く測定できるという効果がある。この結果、色々な慣性負荷をもつ用途に対応して最適な時間で測定できるため汎用性があるという効果もある。また、この測定値を用いてベクトル制御するので精度良いベクトル制御が得られるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す制御ブロック図。

【図2】本発明の運転前のオートチューニング処理を示すフローチャート図。

【図3】本発明の運転後の制御を示すフローチャート図。

【図4】直流励磁制御と1次抵抗測定の制御ブロック図。

【図5】本発明の運転動作を示すタイムチャート図。

【図6】本発明の直流励磁中、起動指令が入った場合のタイムチャート図。

【符号の説明】

1…交流電源、2…整流回路、3…平滑コンデンサ、4…インバータ、5…誘導電動機、6…制御装置、7…速度指令パターン発生及び起動、停止判断手段、8…速度センサレスベクトル制御手段、9…オートチューニング処理手段、10…電流検出器、11…ゲート回路、12

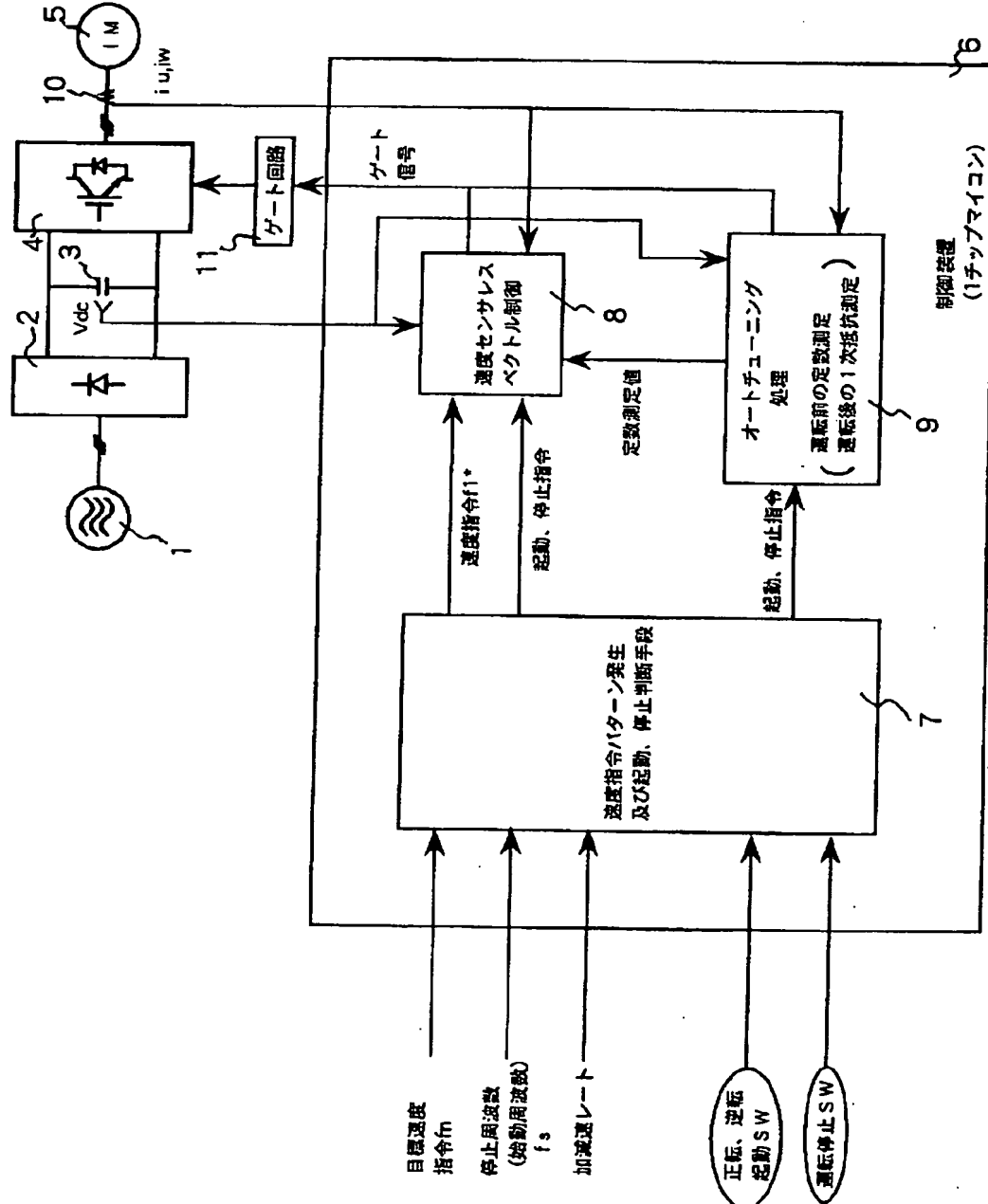
(5)

…d q 変換手段、13…d 軸電流制御手段、14…q 軸電流制御手段、15…d q / u v w 変換手段、16…ゲ

ート信号発生手段、17…1 次抵抗演算手段。

【図1】

図 1

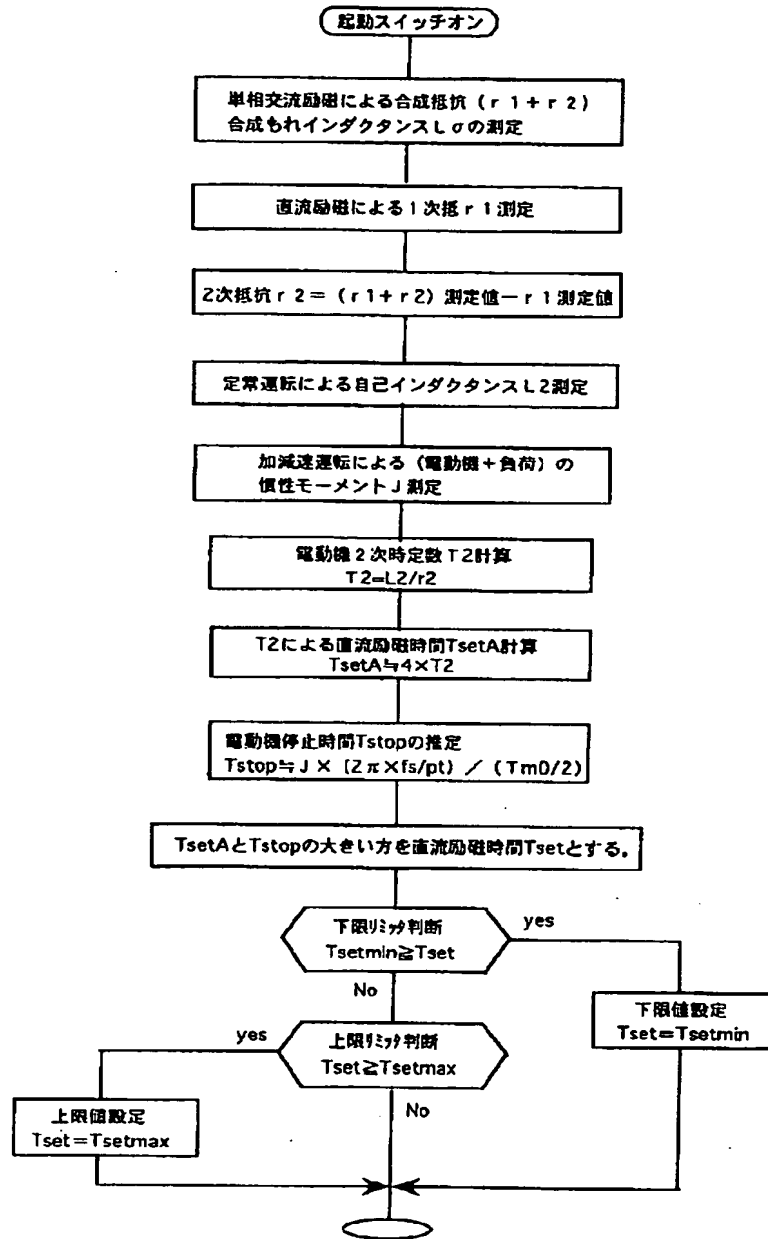


(6)

【図2】

図 2

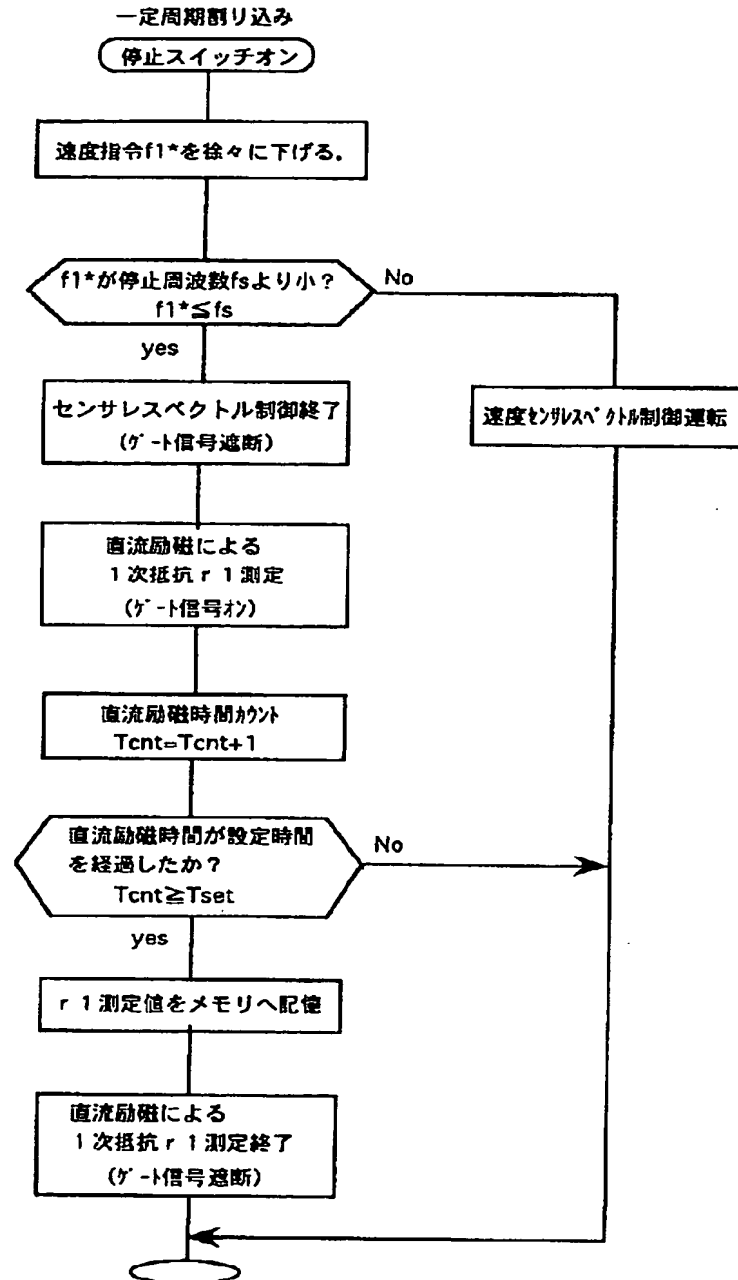
運転前のオートチューニング処理 (1回のみ)



(7)

【図3】

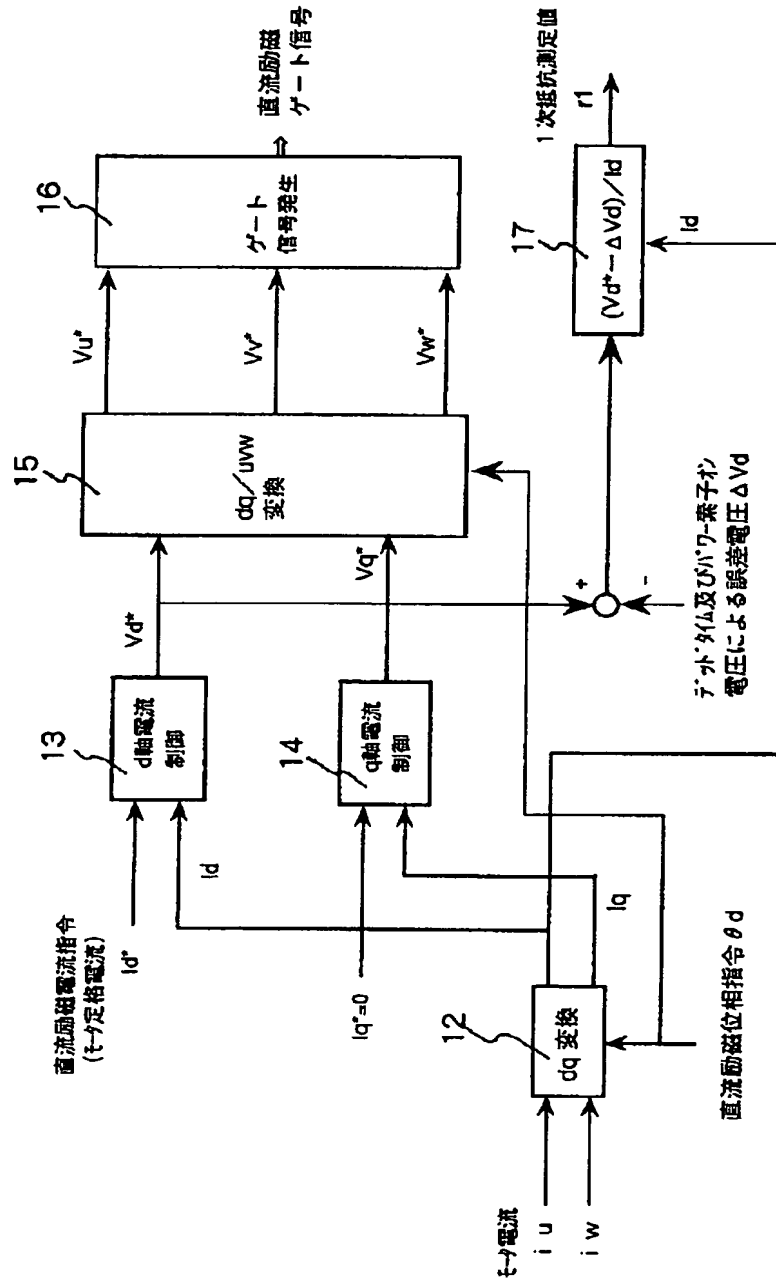
図 3



(8)

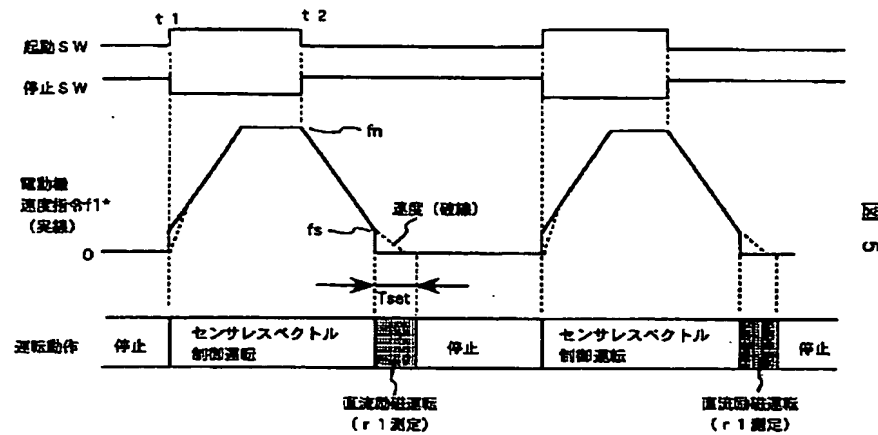
【図4】

図 4

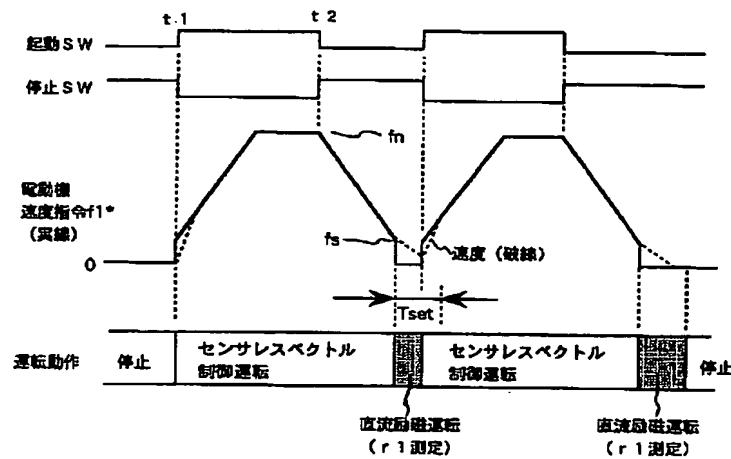


(9)

【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 富田 浩之
 千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号
 株式会社日立製作所産業機器事業部内

Fターム(参考) 2G016 BA03 BB01 BB02 BC00 BC05
 BD06 BD07 BD13
 5H530 AA05 CC30 CD21 CD32 CD34
 CD38 CE12 CF08 CF13 DD03
 EE07
 5H576 BB10 CC05 DD04 EE01 EE09
 EE10 EE11 FF02 FF04 FF05
 GG04 HB02 JJ03 JJ17 JJ24
 KK08 LL14 LL15 LL22 LL24
 LL29 LL40 LL60

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.